

ING. AGR. ARTURO K. RAGONESE

Enraizamiento de estacas de algunos cultivares de Sauces y Alamos'

En colaboración con
Florentino Rial Alberti '

y
Violeta A. Sonvico ²

COMUNICACION - SESION DEL 14 DE MAYO DE 1969

⁴ Agradecemos al Ing. Agrón. Edgardo R. Montaldi. las sugerencias formula' cías y revisión del texto y a la Srta. Noemi Barrutia, del laboratorio de fotografía del Instituto de Botánica Agrícola (INTA) las tomas fotográficas.

Centro Nacional He Investigacione;, Agropecuarias. Castelar. Provincia tic Buenos Aires. República Argentina.

Estadística del Departamento de Especialización. INTA. Castelar.

Señor Presidente:

Señores Académicos:

La República Argentina posee una superficie muy amplia cultivada con Salicáceas, una de las más extensas del mundo.

Las plantaciones más vastas se encuentran en el Delta del río Paraná, donde existen aproximadamente 100.000 hectáreas cubiertas preferentemente con sauces y un menor grado álamos.

Las maderas de estas Salicáceas son sumamente utilizadas en la elaboración de envases, pasta para papel, cartón corrugado, tableros aglomerados, fósforos de madera y muchos otros usos de menor importancia.

La propagación comercial de los sauces y álamos en nuestro país, se hace casi siempre por medio de estacas, por lo común de un año de edad.

Los sauces no presentan mayores dificultades para el enraizamiento pero sí. en cambio, algunos clones de álamos.

La formación de un buen sistema radical es de fundamental importancia para la obtención de individuos vigorosos de rápido crecimiento.

El mecanismo de la inducción de raíces no está aún muy bien aclarado. Si bien existen numerosos trabajos que indican que las auxinas desempeñan un papel muy destacado, hay facetas aún no debidamente esclarecidas.

Es por ello que se ha considerado interesante llevar a cabo un experimento para dilucidar algunos aspectos confusos, con respecto a la formación de raíces en las mencionadas Salicáceas.

Material y métodos

Se utilizaron cinco cultivares diferentes de sauces e igual número de álamos con diversos tratamientos: 1) testigo; 2) ácido indol-butírico (50 partes por millón); 3) sulfato de cobre N/100. A su vez en cada uno de estos tratamientos se efectuaron en la base de las estacas tres cortes distintos: B) corte en bisel; C) corte en cuña; R) corte recto.

Seis repeticiones por tratamiento. Para cada clon. 54 estacas, de acuerdo al siguiente detalle:

1 Testigo	Corte en bisel	(B)
	Corte en cuña	(C)
	Corte recto	(R)
2 Acido indol-butírico (50 partes por millón)	Corte en bisel	(B)
	Corte en cuña	(C)
	Corte recto	(R)
3 Sulfato de cobre (N/100)	Corte en bisel	(B)
	Corte en cuña	(C)
	Corte recto	(R)

Las estacas de un año de edad y 0,45 metros de largo, se roicaron en frascos con agua de 20 centímetros de alto por 11.4 centímetros de diámetro y 2 litros de capacidad.

En conjunto 540 frascos que se colocaron sobre una mesada, en el interior de un invernáculo, distribuyéndolos en bloques completos al azar para poder interpretar estadísticamente los resultados.

Cada ocho días se renovaba totalmente el agua contenida en los frascos. No se adicionaron elementos nutritivos ni tampoco se aereó la solución. Para efectuar los tratamientos con indol-butírico y sulfato de cobre se procedió a sumergir durante 24 horas la parte inferior de las estacas en las soluciones mencionadas. Luego se lavaron cuidadosamente y se colocaron en los frascos. Las estacas de los testigos se sumergieron en agua desmineralizada durante el mismo lapso (24 horas).

El peso seco de las raíces se efectuó a 105° C. hasta obtener peso constante.

Los cultivares de álamos y sauces utilizados se detallan a continuación:

Ai.AMOS:

Populus deltoides cv I 63/51

Populus deltoides cv I 72/51

Populus deltoides cv I 77/51

Alamo de Carolina (*Populus deltoides* subsp. *angulata* cv 'carolinensis')

Populus x canadensis cv I 214

SAUCES:

Sauce álamo (*Salix alba* cv 'calva')

Sauce americano (*Salix babylonica* cv 'sacramenta')

Salix babylonica x *S. alba* cv A 131/25

Salix babylonica x *S. alba* cv A 131/27

Salix argentinensis cv 'Galvete' x *S. alba* cv 114/1

Los experimentos se iniciaron el 2 de agosto de 1968.

RESULTADOS

Durante 90 días, lapso que se prolongó la prueba experimental, se realizaron observaciones sobre el número, posición, longitud, fecha de aparición, localización de las raíces, peso seco de las mismas y total de estacas enraizadas.

ALAMOS

Las primeras raíces se observaron a los 17 días de iniciado el experimento, mucho más tardíamente que en los sauces (8 días).

Se originó previamente un callo en la zona del corte basal y posteriormente se desarrollaron allí raíces adventicias (figs. 5, 6 y 7).

La formación de raíces a partir de callos originados en la zona del corte de las estacas, es un hecho sumamente conocido. En las heridas se originan nuevas células o tejidos cicatrizales, fenómeno que puede ser activado mediante el uso de sustancias que estimulan el crecimiento, tales como los ácidos indol-butírico, indol-acético, nalfaleneacético, etc. Existe una copiosa bibliografía al respecto.

En este experimento el tratamiento con ácido indol-butírico (50 ppm) produjo resultados positivos, en casi todos los cultivares de álamos ensayados, como puede observarse en el análisis comparativo con los testigos (cuadros 1 y 3), principalmente en lo que concierne a número de raíces, porciento de estacas enraizadas y peso seco de las mismas.

La solución cúprica en la dosis empleada (N/100), dañó la parte inferior de las estacas, puesto de manifiesto por el cambio de coloración en la parte afectada y la no formación de callo en las heridas de la zona del corte.

La acción del sulfato de cobre sobre el álamo de Carolina fue muy interesante y merece estudiarse en un futuro más prolijamente, va que permitió el desarrollo de raíces a lo largo de la parte sumergida de la estaca, anulando la acción inhibidora de la luz y de la no dormición de las yemas que induce a la polaridad de las raíces (ver Shapiro, 1957).

El hecho más significativo fue que las estacas de los testigos desarrollaron sus raíces únicamente en la zona del callo, mientras que las tratadas con sulfato de cobre no formaron el mismo y en cambio enraizaron a lo largo de la estaca.

Probablemente las auxilias desarrolladas en el ápice y en las hojas jóvenes, se trasladaron en movimiento basípeto y al encontrar inhibida la zona del corte, se localizaron a lo largo de la estaca, permitiendo así el desarrollo de raíces fuera de la zona del corte basal. No se descarta, también, la posibilidad que el sulfato de cobre haya impedido la destrucción de las auxinas naturales aumentando indirectamente su concentración. Went (1936),- ha demostrado que cuando se aplican altas concentraciones de auxinas a las estacas pueden formarse algunas raíces fuera de la zona del callo.

El fenómeno más interesante en el actual experimento fue que las estacas tratadas con sulfato de cobre no presentaron polanzación de las raíces, no obstante desarrollarse el ensayo a plena luz natural.

El sulfato de cobre en la proporción utilizada (N/100) atrasó la fecha de aparición de las raíces, excepto en el álamo de Carolina donde, por el contrario, tuvo efecto estimulante (cuadro 1. fig. 4).

El sistema utilizado para el corte basal de las estacas tuvo importancia.

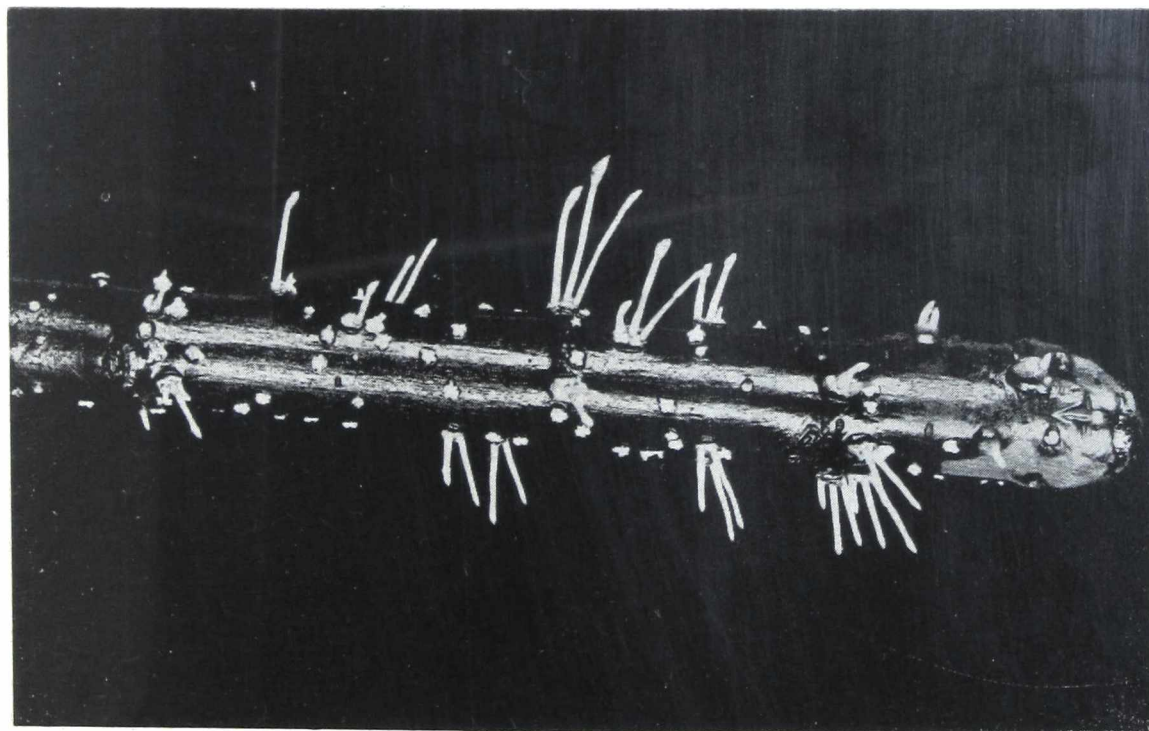


FIG. 1.—Las raíces de los sauces aparecieron a todo lo largo mos, dando gran número de raíces a todo lo largo de la de la parte en contacto con el líquido, a partir de los ocho parte sumergida. Nótese, las masas de células originadas días de estar las estacas sumergidas en agua, antes de la en el felógeno emergiendo fuera de las lenticelas. formación del callo basal.

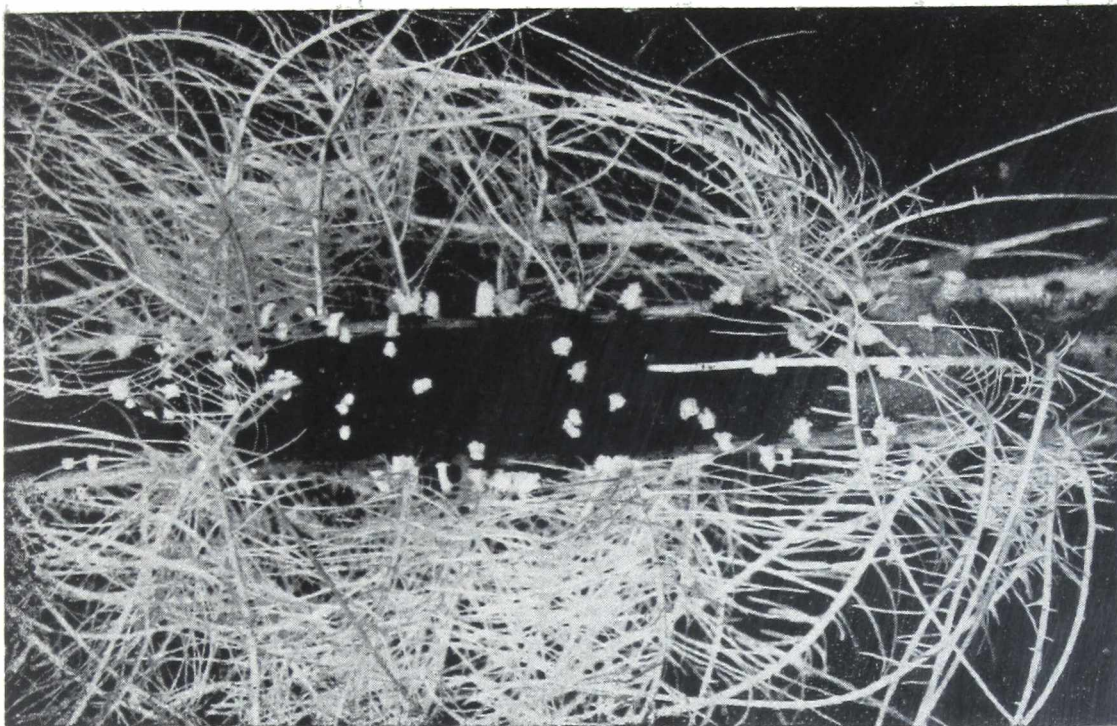


FIG. 2.—Los sauces enraizan más rápidamente que los ál-

Cuadro N* 1 — FORMACION DE RAICES EN ESTACAS DE ALAMOS TRATADAS CON ACIDO INDOL-BUTIRICO Y SULFATO DE COBRE EN COMPARACION CON TESTIGOS. (CONSIDERANDO LOS TRES CORTES BASALES EN CONJUNTO). Fecha de iniciación del ensayo 2/8/68.

Designación del clon	Total de raíces (18 estacas)			Longitud de las raíces a los 9^		Lugar de Pe- localiza- rices a. n. o las raíces ^taca enra- zadat (g)	Estacas enraizadas sobre nn total de 18 estaca?
	1G días	30 días	no 90 dias ^	Per estaca en- rizada . (cm.)			
TESTIGOS EN AGUA DESMINERALIZADA (24 horas)							
Populus deltoides cv. I- 77/51 — — 34				57	22,0	callo 0,0909	12
Populus deltoides cv. I- 63/51 — — 23				41	14,9	0.09G1	10
Populus deltoides cv. 'carolinensis' — — 11				6	18,8	0.1235	2
Populus deltoides cv. I- 72/51 ■ - — 5				5	3,2	0.0020	1
Populus x canadensis cv. I- 214 - - — 4				4	35.3	0,3540	1
ESTACAS TRATADAS DURANTE	24 HORAS CON SULFATO Di CCBRE					N/100	
Populus deltoides — — 3 cv. I- 77/51				19	10,9	A lo largo de la par- de la osta- ta sumer- gida en el agua 0.0199	6
Populus deltoides cv. I- 63/51 - - 5				7	0,7	0.0GS3	2
Populus deltoides cv. 'carolinensis' - - - 152				181	24,0	0,3282	18
Populus deltoides cv. I- 72/51 - — 10				15	12,2	0,0192	2
Populus x canadensis cv. I- 214 — — 2				3	166.6	0,1665	1
ESTACAS TRATADAS DURANTE 24 HORAS CON ACIDO INDOL-BUTIRICO (50 PARTES POR MILLON)							
Populus deltoides cv. I- 77/51 120				170	22.8	callo 0.275"	17
Populus deltoides cv. I- 63/51 — 267				371	21,0	0.5380	18
Populus deltoides cv. 'carolinensis' 79				149	18.1*	0,4828	13
Populus deltoides cv. I- 72/51 - 67				100	19,7	0.3040	11
Populus x canadensis cv. I- 214 — — 51				67	8,2	0,1835	4

CUADRO N° 2 — FORMACION DE RAICES EN ESTACAS DE SAUCES TRATADAS DURANTE 24 HORAS CON ACIDO INDOL-BUTIRICO Y SULFATO DE COBRE, EN COMPARACION CON TESTIGOS. (CONSIDERANDO LOS TRES CORTES BASALES EN CONJUNTO). Fecha de iniciación del ensayo 2/8/68.

Designación dpi clon	15 días	Total de raíces (18 estacas)	Longitud de las raíces a los 90 días. (Promedio)	Lugar de las raíces	Peso seco de las raíces (Promedio por estaca)	Número estacas enraizadas
	9 días	15 días	18 días			

TESTIGOS EN AGUA DESMINERALIZADA (24 horas)

Salix alba rv. calva 412	725	—	738	21.58	A lo largo de la parte de la estaca sumergida en agua	2,1322	18
Salix babylonica cv. 'sacramenta'	215	486	—	492	14.66	1,0124	18
Salix babylonica x S. alba cv. A 131/25	425	824	—	941	17.12	0,7046	18
Salix babylonica x S. alba cv. A 131/27	294	552	—	569	19.23	0,7078	18
Salix argentinensis cv. 'Galvete' x S. alba cv. A 114/1	343	789	—	916	19.49	1,3983	5*

ESTACAS TRATADAS DURANTE 24 HORAS CON SULFATO DE COBRE N/100

Salix alba cv. calva	159	659	—	813	21,14	2,0142	18
Salix babylonica cv. 'sacramenta'	116	448	—	526	14,04	0,9004	18
Salix babylonica x S. alba cv. A 131/25	365	674	—	857	13,28	0,48.38	18
Salix babylonica x S. alba cv. A 131/27	179	580	—	628	17.29	0,5922	18
Salix argentinensis cv. 'Galvete' x S. alba cv. A 114/1	120	717	—	1247	20,50	1,3109	18

ESTACAS TRATADAS DURANTE 24 HORAS CON ACIDO INDOL-BUTIRICO. (50 PARTES POR MILLON)

Salix alba cv. calva	532	958	—	986	20,83	2,2221	18
Salix babylonica cv. 'sacramenta'	379	723	—	737	13,83	1,0577	18
Salix babylonica x S. alba cv. A 131/25	804	1152	—	1185	15,21	0,6861	18
Salix babylonica x S. alba cv. A 131/27	611	904	—	916	16,74	0,6948	18
Salix argentinensis cv. 'Galvete' x S. alba cv. A 114/1	669	1036	—	1278	1764	1,7577	18

CUADRO N° 3 — TOTAL DE RAICES DESARROLLADAS EN ESTACAS DE SAUCES Y ALAMOS, A LOS 15, 30, 60 Y 90 DIAS, TRATADAS DURANTE 24 HS CON SULFATO DE COBRE Y ACIDO INDOL-BUTIRICO EN COMPARACION CON TESTIGOS (Considerando todos los clones y' los tres cortes basales en conjunto).

	S A U C E S						A L A M O S									
	Canti- dad de estacas		Total de raíces (90 estacas)			Canti- dad de estacas	Total de raíces (90 estacas)			Canti- dad de estacas	Total de raíces (90 estacas)					
			Trata- das	Enrai- zas	15 días		30 días	60 días	99 días		Trata- das	Enrai- zas	15 días	30 días	60 días	90 días
Peso seco de las raíces a 105° C. Promedio por estaca tratada (g)		Peso seco de las raíces a 105° C. Promedio por estaca tratada (g)														
TESTIGO	90	90	1689	3376	—	3656	1,1911	90	26	—	71	113	0,0295			
TRATAMIENTO CON SULFATO DE COBRE N/100 (24 horas)	90	90	939	3078	—	4071	1,0603	90	31	—	172	225	0,0708			
TRATAMIENTO CON ACIDO INDOL-BUTIRI- CO, 50 PARTES POR MILLON (24 horas)	90	90	2995	4773	—	5102	1,2837	90	63	—	584	863	0,2747			
TOTALES	270	270	5623	11227	—	12829	—	270	120	—	827	1201	—			

CUADRO N° 4 — RESPUESTA DE 5 CLONES DE ALAMOS A LOS DISTINTOS TIPOS DE CORTES Y SOLUCIONES EMPLEADAS. NUMERO DE ESTACAS DE CADA CLON Y EN CADA TRATAMIENTO; 6 — (Fecha de iniciación del ensayo 2/8/68.

Corte	Designación He! clon	Total de raíces (6 estacas)				Longitud de las raíces a los 00 días (Promedio por estaca enraizada) (cm)	Raíces pe- so seco a los 90 días (Promedio por estaca enraizada) <i>Te</i>	Total de es- tacas zadas enral-
		15 días	30 días	60 días	9° días			
TESTIGO								
Recto	cv. 77/51	— —		3	5	18,7	0,0410	3
	cv. 63/51	— —		1	3	10,0	0,0020	3
	cv. 'Carolina	— —		2	2	15,7	0,0870	1
	cv. 72/51							—
	cv. 214	— —		-	—	—	—	—
							0,0309	7
Cuña	cv. 77/51	— —		18	37	23,7	0,1152	6
	cv. 63/51	— —		8	21	12,9	0,1543	3
	cv. 'Carolina	— —		3	4	24,0	0,1600	1
	cv. 72/51	— —		—	—	—	—	—
	cv. 214	— —		4	4	35,3	0,3540	1
							0,1516	11
Bisel	cv. 77/51	— —		13	15	22,0	0,0920	3
	cv. 63/51	— —		14	17	20,1	0,12,31	4
	cv. 'Carolina	— —		—	—	—	—	—
	cv. 72/51	— —		5	5	3,2	0,0020	1
	cv. 214	— —		—	—	—	—	—
							0,0963	8
TRATADAS 24 Hs. CON SULFATO DE COBRE N/100								
Rcrto	cv. 77/51	— —		2	9	12,6	0,0290	2
	cv. 63/51	— —		4	6	14,0	0,1310	1
	cv. 'Carolina	— —		48	59	22,6	0,2810	6
	cv. 72/51	— —		—	—	—	—	—
	cv. 214	— —		2	3	16,6	0,1665	1
							0,2041	10
Cuña	cv. 77/51	— —		1	10	10,1	0,0154	4
	cv. 63/51	— —		—	—	—	—	—
	cv. 'Carolina	— —		53	62	27,4	0,4017	6
	cv. 72/51	— —		.				
	cv. 214	— —						
							0,2472	10
Bisel	cv. 77/51	— —		—	—	—	—	—
	5? cv. 63/51	— —		1	1	8,0	0,0056	1
	cv. Carolina	— —		51	60	22,1	0,3018	6
	f* cv. 72/51	— —		10	15	12,2	0,0193	2
	yi cv. 214	— —		—	—	—	—	—
							0,2061	

TRATADAS		DURANTE 24 Hs.	CON ACIDO		INDOL-BUTIRICO		
		(50 PARTES POR MILLON)					
Recto	cv. 77/51	— — — — —	26	41	24,3	0,1920	5
11	cv. 63/51	— —	60	104	15,0	0,3570	6
	cv. Carolina	— —	22	26	19,6	0,3975	4
11	cv. 72/51	— —	1	1	23,0	0,2100	1
	cv. 214						—
						0,3064	16
Cuña	cv. 77/71	— — — — —	60	76	23,1	0,3558	6
1»	cv. 63/51	— —	98	134	22,4	0,7112	6
	cv. Carolina	— —	24	63	17,3	0,5618	4
11	cv. 72/51	— —	58	84	20,2	0,4221	6
1?	cv. 214						
						0,5083	22
Bisel	cv. 77/51	— —	34	59	21,5	0,2654	6
11	cv. 63/51	— —	109	133	25,8	0,5458	6
1«	cv. Carolina	— —	33	60	18,8	0,4878	5
11	cv. 72/51	— —	8	15	18,0	0,1502	4
11	cv. 214	— —	51	67	8,2	0,1835	4
						0,3456	2,5

El corte en bisel originó en el callo un sistema radical unilateral, no orientado en todos los sentidos. (Fig. 6).

Los cortes rectos y en cuña facilitaron, por el contrario, el desarrollo en el callo de un conjunto de raíces más uniformemente distribuido, en lo que a orientación se refiere. (Figs. 5 y 7).

Las estacas tratadas con ácido indol-butírico, con corte basal en cuña y bisel, produjeron mayor número de raíces que las de corte recto (ver cuadro 4).

Los resultados obtenidos con álamos son válidos únicamente para las condiciones en que se realizó el ensayo, ya que las estacas se mantuvieron noventa días con luz natural, en el interior de un invernáculo, en frascos con agua no aerada (renovada cada 8 días)

CuArno N° 5 — FORMACION DE RAICES DE 5 CLONES DE SAUCES CON TRES DISTINTOS TIPOS DE CORTE BASAL Y SOLUCIONES EMPLEADAS, NUMERO DE ESTACAS EN CADA CLON Y EN CADA TRATAMIENTO
6 — (Fecha de iniciación del ensayo 2/8/68).

Corte	Designación del clon	Total de raíces (6 estacas)				Longitud de las raíces a los 90 días (Promedio por estaca enraizada) (cm)	Lugar de lo- caliza- ción de raíces	Peso Seco de las raíces a 100°C (Promedio) por estaca enraizada (g)	Total de es- tacas enrai- zadas
		15 días	30 días	60 días	90 días				
TESTIGO COLOCADAS 24 Hs. EN AGUA EESMINERALIZADA									
Recto	Sauce-álamo	131	257	264	21,6	A lo largo de la parte sumer- gida de las estacas	2,273	6	
	Sauce americano	80	186	181	14.6		1,126	6	
	cv. 131/25	136	229	334	16,6		0.781	6	
	cv. 131/27	97	170	179	21.3		0.861	6	
	„	cv. 114/1	127	265	353		18,2	1.349	6
		571	1107	1311	18.5		1.278	30	
Cuñe	Sauce-álamo	135	227	231	22,2		2.093	6	
	Sauce americano	63	147	154	14.3		0,959	6	
	cv. 131/25	136	229	297	15.5		0.713	6	
	cv. 131/27	106	183	190	18,2		0.583	6	
	cv. 114/1	121	270	308	20,6		1,402	6	
		550	1123	1180	18.2		1.150	30	
Bisel	Sauce álamo	146	241	243	20.9		2.030	6	
	Sauce american	72	153	157	15.2		0.952	6	
	cv 131/25	164	299	310	19.2		0.619	6	
	• cv. 131/27	91	199	200	18.2		0.679	6	
	v	cv. 114/1	95	254	255	19.6		1,444	6
		268	1176	1165	18,6		1,145	30	
TRATADAS CON SULFATO DE COBRE N/100 (24 Hs.)									
Recto	Sauce-álamo	59	203	256	18,6		2,144	6	
	Sauce americano	39	140	150	12.8		0,952	6	
	cv. 131/25	101	189	248	13,0		0,444	6	
	cv. 131/27	68	177	198	16.1		0.514	6	
	cv. 114/1	37	212	283	19.0		1,109	6	
		304	921	1135	15.9		1,033	30	
Cuña	Sauce-álamo	38	223	268	22,6		1,873	6	
	Sauce americano	42	164	181	13,9		0,928	6	
	cv. 131/25	123	237	352	14,5		0,647	6	
	cv. 131/27	55	213	217	18,0		0,570	6	
	cv. 114/1	31	267	422	20,3		1,408	6	
		289	1104	1440	17,9		1,085	30	
Bisel	Sauce-álamo	62	233	289	22,3		2,025	6	
	Sauce americano	35	144	195	15,4		0,822	6	
	„	cv. 131/25	141	248	257	12,3		0,360	6
	v	cv. 131/27	56	190	213	17,7		0,693	6
	cv. 114/1	52	238	542	22,2		1,416	6	
		346	1053	1496	18,0	15	1,063	30	

TRATADAS CON ACIDO INDOL-BUTIRICO
C50 partes por millón) (24 Hs.)

Recto	Sauce-álamo	169	317	319	20,2	2,448	6
	Sauce americana	142	264	276	13,3	0,986	6
	cv. 131/25	266	376	389	14,7	0,526	6
	cv. 131/27	266	319	323	16,1	0,699	6
	cv. 114/1	232	350	363	18,9	1,744	6
		1035	1626	1670	16,6	1,281	30
Cuña	Sauce-álamo	176	316	327	21,8	2,211	6
	Sauce americano	116	233	238	14,0	1,041	6
	cv. 131/26	289	411	425	16,1	1,006	6
	cv. 131/27	190	285	289	16,0	0,672	6
	cv. 114/1	203	328	483	15,8	1,615	6
		974	1573	1762	16,7	1,309	30
Bisel	Sauce-álamo	187	325	340	20,5	2,007	6
	Sauce americano	121	226	229	14,1	1,147	6
	cv. 131/25	249	365	371	14,9	0,526	6
	cv. 131/27	195	300	304	15,2	0,713	6
	cv. 114/1	234	358	432	18,1	1,915	6
		986	1574	1670	16,6	1,262	30

sin el agregado de soluciones nutritivas. Plantadas las estacas directamente en el terreno su comportamiento fue diferente como se pudo comprobar, ya que las estacas testigos de los mismos cultivares plantadas en tierra desarrollaron raíces todo a lo largo de la parte enterrada en el suelo y no únicamente en el callo basal (fig. 8).

La formación de raíces está influida por una serie de factores, entre otros la luz, la dormición de las yemas, época de corte, aereación, temperatura, fotoperíodo, etc.

Es probable que las estacas de álamos plantadas en el suelo, al no estar su parte basal sometida a la acción inhibidora de la luz, desarrollen también los primordios radicales ubicados a lo largo de la estaca.

Las estacas de *Populus canadensis* cv I 214 fueron afectadas por algún factor fisiogénico o enfermedad, ya que algunas de ellas se secaron, luego de la brotación, antes de emitir raíces.

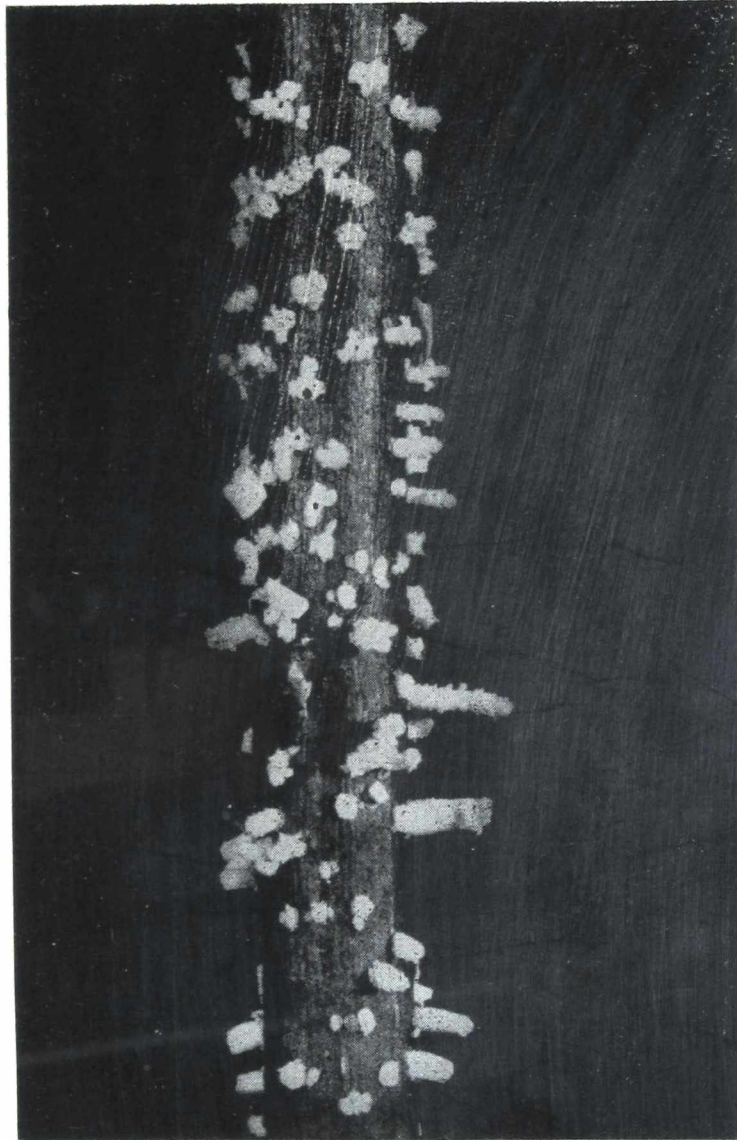


FIG. 3.—“Alamo 214” (“*Populus x canadensis*” cv. I 214).
En la parte de la estaca sumergida en agua, las lenticelas
desarrollan masas de células blanquecinas que emergen
fuera de las mismas. 12 de noviembre de 1968.

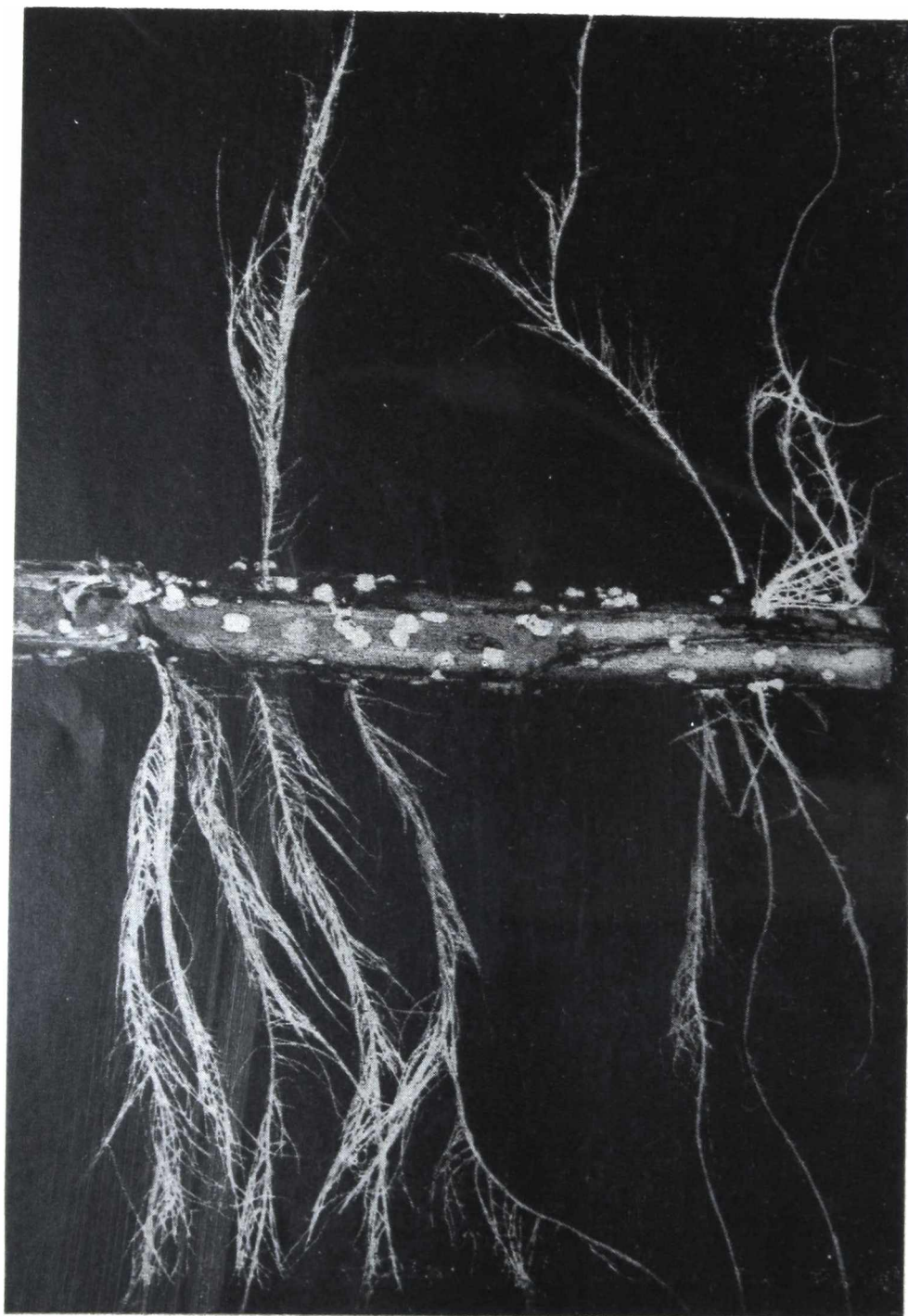


Fig.- Estaca de Alamo de Carolina ' (Populus deltoides subsp. angulata cv. 'carolinensis') tratada con sulfato de cobre N/100, durante 24 horas. Nótese las raíces adventicias des- arrolladas a lo largo de la estaca, en la parte sumergida en agua. En la zona de corte no se formó callo probablemente por haber sido deteriorada la parte basal por el tratamiento con sulfato de cobre.

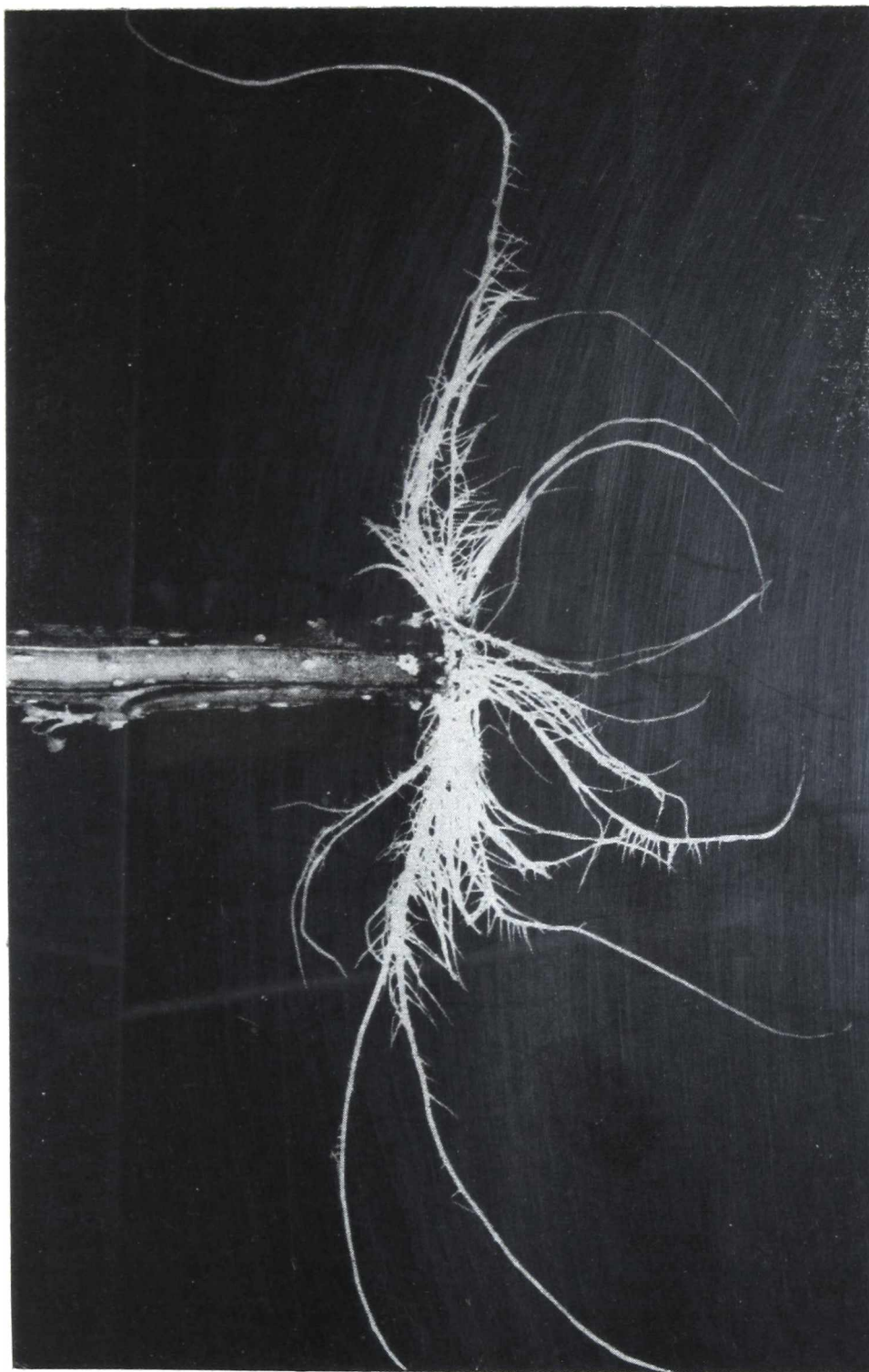


Fig. 5.—Estaca de álamo tratada con ácido indol-butírico (50 partes por millón), durante 24 liorns: corte recto. Las raíces se desarrollaron únicamente en la zona del calo, o: ionta das en distintas direcciones.

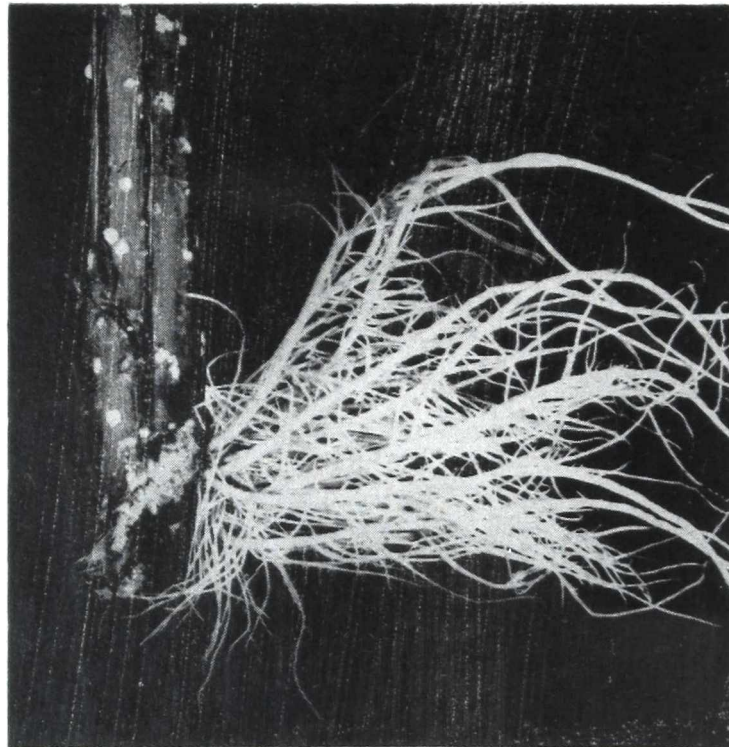


Fig. 6.—“Alamo de Carolina” (*Populus deltoides* subsp “angulata” cv. “carolinensis”). Sobre el callo formado en la zona del corte en bisel, en estacas tratadas con ácido indol-butírico (50 partes por millón), durante 24 horas, se desarrollaron raiccs, solamente en la cara donde se efectuó el corte. 8 de noviembre de 1968.

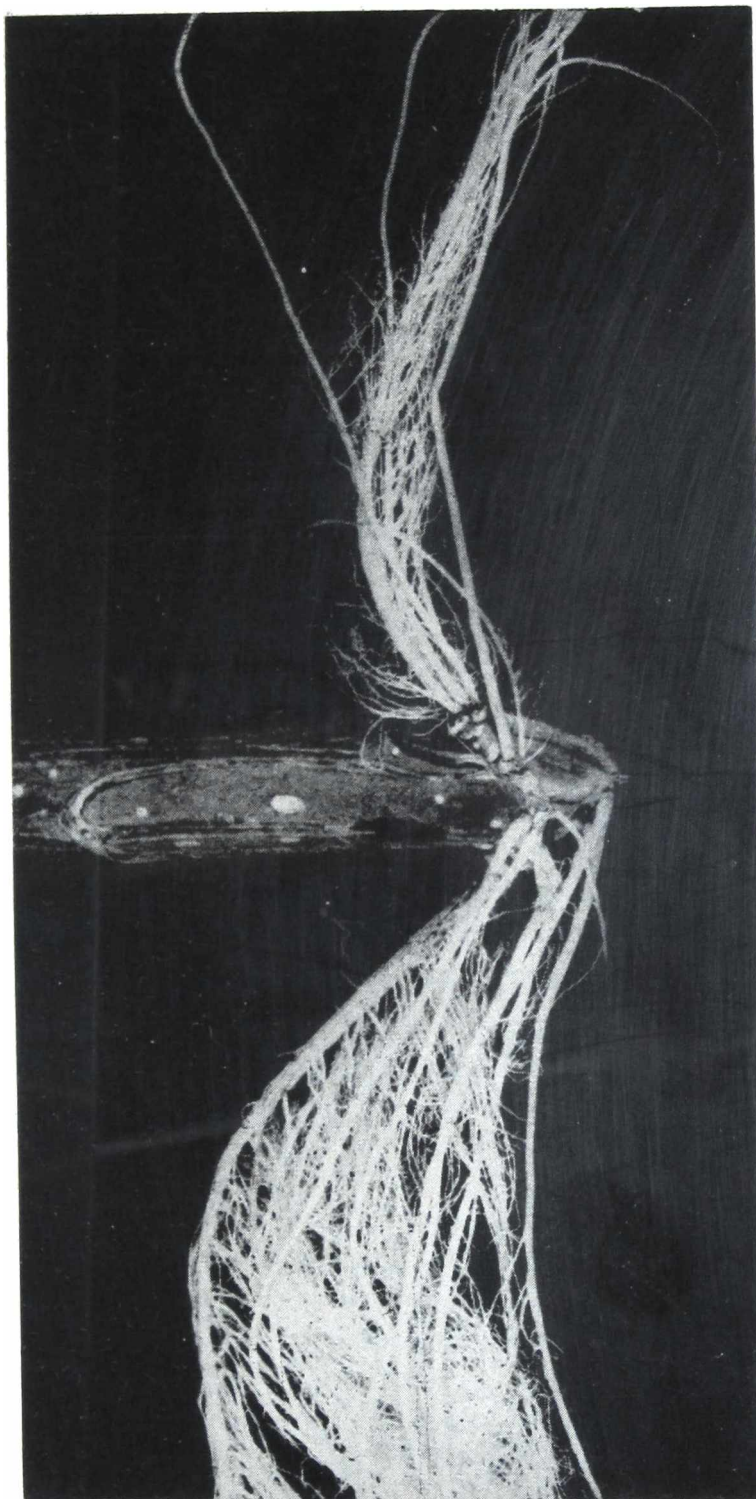


FIG. 7.—“Alamo de Carolina” (*Populus deltoides* cv. 1-77/51). Sobre las dos caras del corte efectuado en forma de cuña, en estacas tratadas con ácido indol-butírico (50 partes por millón), durante 24 horas, se desarrollaron callos y posteriormente raíces. 12 de noviembre de 1968.

SAUCES

Cuando los tallos se colocaron en agua, se formaron excrecencias lenticelares, o sea. masas blanquecinas de células, originadas en el felógeno, que emergían fuera de las lenticelas pero únicamente en la parte de la estaca sumergida en el agua (flgs. 1 y 2). Este fenómeno se produjo también en las estacas de los álamos.

Las primeras raíces aparecieron, a los ocho días de haberse iniciado el experimento (híbridos artificiales 131/27; 114/1 y sauce americano). Pocos días después comenzaron también a emitir raíces los otros cultivares ensayados (híbridos 131/25 y sauce álamo).

Las raíces adventicias se originan en primordios latentes, ya existentes, distribuidos a lo largo de la estaca. Este hecho ha sido señalado por Trecul (1846). Vóchting (1878). Van der Lek (1924) y Carlson (1938-50).

Estos primordios radicales permanecen en letargo, hasta que son inducidos a un presto desarrollo, estableciéndose posteriormente rápida conexión con los tejidos vasculares. La luz no lo inhibe, como según Shapiro (1957). sucede en álamos.

Las raíces desarrolladas en el callo de las estacas fueron a los 90 días más cortas que las originadas en primordios radicales pretormados. debido a que estas últimas aparecieron mucho más tempranamente. antes de la formación del callo.

Dragone-Testi (1951) habían observado la influencia favorable que ejerce el sulfato de cobre en el enraizamiento de las estacas de *Salix alba* en soluciones N/100, N/1000 con inmersión desde 15 minutos a 24 horas.

En la dosis empleada en el experimento (N/100 inmersión 24 horas) la base de todas las estacas sometidas a la solución cúprica se deterioraron, lo que se puso en evidencia por la colaboración de la parte afectada. Además se observó un notorio retardo en la fecha de emisión de las raíces. Este atraso fue desapareciendo paulatinamente hasta alcanzar y a veces superar a los noventa días a los testigos, en lo que se refiere al número de raíces (cuadros 2 y 3).

El tratamiento con el ácido indol-butírico no produjo ventajas tan evidentes, como ocurrió en los álamos, dada la gran facilidad que

tienen las estacas de sauces para emitir raíces. No obstante, se comprobó una acentuada desigualdad en el número total de raíces (ver cuadros 2 y 3). En cambio, no se observaron diferencias en el porcentaje de estacas enraizadas y peso seco ¹ de las raíces (ver cuadro 2).

El corte basal no tuvo aparentemente mayor incidencia, debido a la notable facilidad que tienen las estacas de los sauces de emitir numerosas raíces en todas direcciones, a todo lo largo de la parte sumergida en el agua (cuadro 5).

¹ A los 90 días se cortaron las raíces para secarlas y pesarlas; se observó un principio de deterioro en los sauces híbridos 131/25 y 131/27.

ANALISIS ESTADISTICO

A. Ensayo de enraizamiento de álamos. El análisis se encara considerando como variable el hecho de que las estacas hayan enraizado o no, ya que para analizar materia seca de raíz habría que dejar de lado, en principio, 15 tratamientos cuyas variancias son igual a cero, debido a que no hubo enraizamiento en ninguna de las seis repeticiones.

A los 30 tratamientos restantes se les aplicó una transformación de variable $y = \sqrt{VP_{\text{peso seco raíz}}}$ y se calcularon las variancias. Al no cumplirse el supuesto de homogeneidad de variancias se encaró el análisis considerando las asociaciones entre grupos de tratamientos y el hecho de que la estaca enraizara o no.

B. ENSAYO DE ENRAIZAMIENTO DE SAUCES. Desde el punto de vista estadístico se trata de un experimento factorial 3x3x5 dispuesto en bloques completos con cinco repeticiones. Las variables a analizar son: peso seco de la raíz y número de raíces. Debido a que en este experimento los datos de las variables no responden al supuesto de homogeneidad de variancias, indispensables para llevar adelante el análisis de los mismos, se probaron distintas transformaciones de las mismas.

La transformación $y = \sqrt{V}$ reduce la heterogeneidad a un nivel aceptable tanto para $X = \text{peso seco}$ como para $y = \text{número de raíces}$.

Cuadro de análisis de variando - variable analizada

$y = \sqrt{\text{peso seco de la raíz}}$

Fuentes de Variación	Cde	j Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Entre repeticiones	5	0.2259813	0,4519706	
Entro cortes	0	0.01834529	0.0091726	
Entre líquidos	2	0,48556105	0,2427805	
Entre clones	4	18.04222507	4.51055627	
Cortes x líquidos	4	0.14613 538	0.03653335	1.42
Cortes x clones	8	0.482029+1	0.06025368	2,33 •
Líquidos x clones	8	0.21803169	0.02725396	1.06
Cortes x líquidos x clones	16	0.41221257	0 02576329	1.00
Entre tratamientos	44	19,80453848	0.45010315	
Error	220	5.6675858 >	U.02576175	
Total	269			

* Significativos al 5 %

A fin de interpretar la interacción se reunieron las sumas de cuadrados correspondientes a cortes y cortes x clones y se hizo una nueva subdivisión que se expone a continuación:

Fuentes de Variación	Gde L	Cuadrados Medios	F
Entre cortes (dentro del Cl ₁)		0.04542	1.7242
Entre cortes (dentro del Cl ₂)		0.000595	0.0270
Entre cortes (dentro del Cl ₃)		0.157475	6.1127 *
Entre cortes (dentro del Cl ₄)		0.018273	0.70930
Entre cortes (dentro del Cl ₅)		0.02932	1,1 3811
Total (cortes -f- cortes X clones)	10		
Error	220	0.025761 75	

* Significativo ni 1 %

La única fuente de variación significativa corresponde a cortes (dentro del Cl₃). Esto indica que solamente en el Cl₃ (Sauce híbrido 131/25) se encuentran distintas respuestas del clon a los cortes.

En este clon los totales de los cortes (variable y = peso seco raíz) son-

Recto	Cuña	Bisel
13,41518	15.69531	12.400945

Se consideró de interés probar si el corte cuña era significativamente diferente de los otros dos. Para ese fin se usó una combinación lineal.

La prueba F correspondiente fue significativa al 1 %.

Esto indica que en este clon (Sauce híbrido 131/25) el corte en forma de cuña determinó una cantidad de peso seco de la raíz significativamente mayor que la que produjeron cualquiera de los otros dos cortes. Para probar los efectos del clon, de corte y de líquido se procedió a formar los cuadrados medios del denominador de manera tal que se pudiese probar el efecto que interesa en cada caso en particular.

Los grados de libertad de los denominadores se calcularon usando el método de aproximación de Satterthwaite.

Efectos de los clones.

$$F_4; 22 = 73,05212 *$$

Efecto de los líquidos.

$$F_2; 17 = 6,3849$$

Efecto de los cortes.

$$F_2; 18 = 0,12914 *$$

De estas pruebas se concluye que en lo que se refiere a:

Líquidos: la diferencia entre ellos es altamente significativa.

Cortes: no hay diferencias entre ellos.

Clones: la diferencia es altamente significativa.

A fin de determinar cuáles son los clones y líquidos que se diferencian entre sí se hicieron comparaciones lineales.

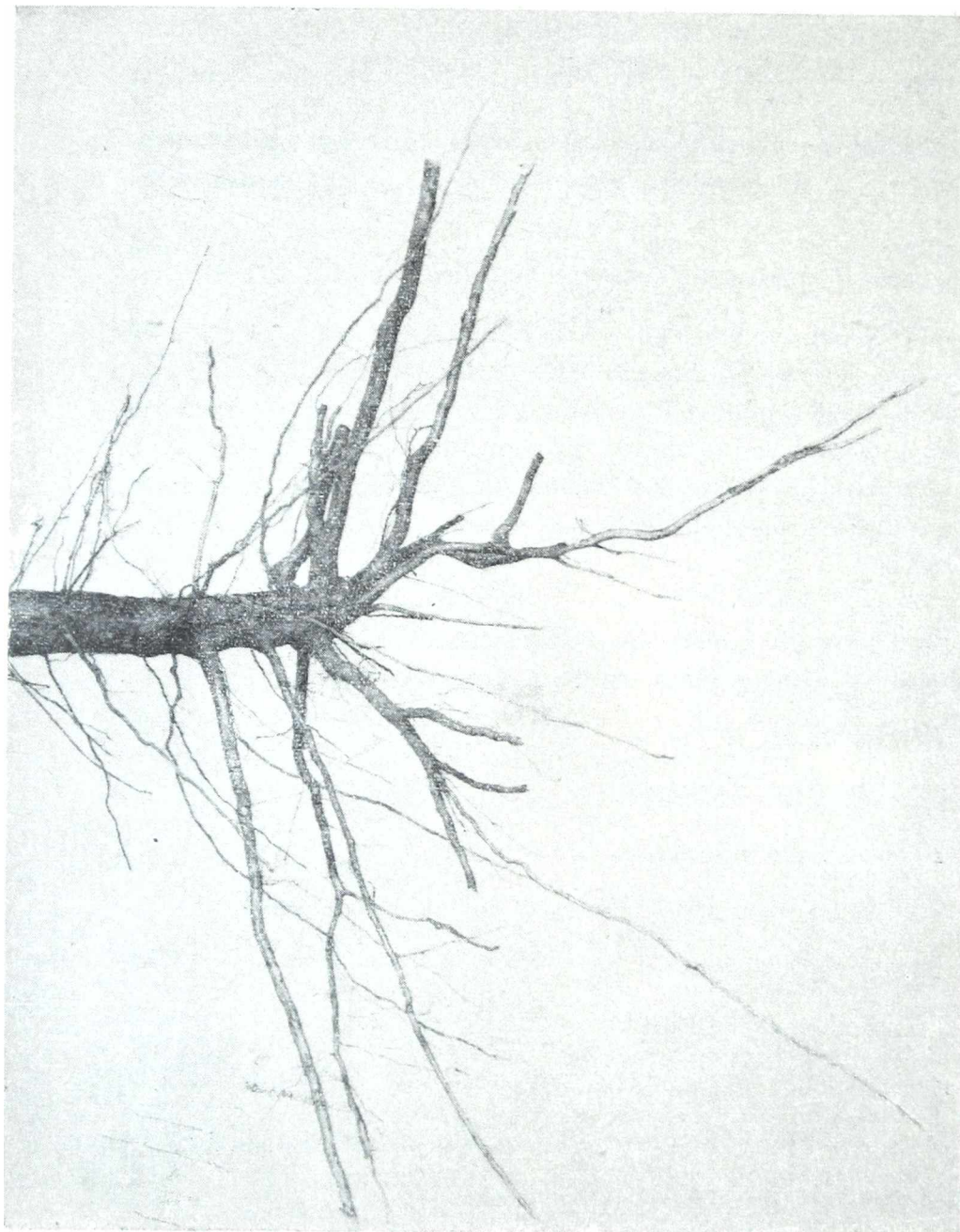


FIG. 8.— *Populus canadensis*” cv. 1-214. Estaca, plantada en tierra en la misma fecha quo se inició el experimento en frascos. Las raíces se desarrollaron a todo lo largo de la estaca, cubierta por tierra, desapareciendo la polaridad basal de las raíces observada en los frascos. por la influencia de la acción inhibidora de la luz.

CONCLUSIONES

A. *Ensayo con álamos.*

El análisis de los cuadros permite arribar a las siguientes conclusiones: ni líquidos ni cortes modifican el comportamiento del cv 214.

Dentro de un mismo clon no existe asociación entre cortes y enraizamiento. es decir, al no haber asociación no se puede decir que en un corte determinado se produzca mayor número de enraizamientos que en otro.

Para cada líquido en particular no se encontró asociación significativa entre cortes y enraizamiento por tanto no se puede afirmar (jue, dado un líquido particular, haya un corte que aumente o disminuya el número de enraizamientos).

Fijando cada uno de los líquidos se encontró asociación entre número de enraizamientos y clones, lo mismo ocurre cuando se fija un clon y se estudia si hay asociación líquidos y enraizamientos.

Basándonos en estas asociaciones se puede señalar que para las estacas sumergidas en:

Indol-butírico

Los clones que producen mayor cantidad de enraizamiento son:
63/51 y 77/51

Testigo

El mayor número de enraizamientos corresponde a:
cv 77/51 y 63/51

Sulfato de cobre

El clon Carolina es el que produce mayor número de enraizamiento.

Ahora bien, fijando los clones señalaremos cuales son los líquidos a los que corresponde mayor número de enraizamientos:

cv. 77/51	Indol-butírico
	Testigo
cv. 63/51	Indol-butírico
Carolina	Sulfato de cobre
cv. 72/51	Indol-butírico
cv.214	No hay asociación

Fijando cada uno de los cortes se estudiaron cuadros aue consideraban la asociación entre clones y enraizamiento y entre líquidos y enraizamiento.

De esto podemos resumir las siguientes conclusiones:

Recto	Carolina
	cv. 77/51
Cuña	77/51
	Carolina
Bisel	No hay asociación
Recto	Indol-butírico
Cuña	Indol-butírico
Bisel	Indol-butírico

donde los clones o líquidos señalados corresponden a los que tienen mayor número de enraizamiento.

B. *Ensayo con sauces.*

Existen diferencias entre clones. El total de peso seco de raíz producida por Sauce álamo es significativamente mayor que el producido por Sauce híbrido 114-1. Este último a su vez presenta diferencia significativa con respecto al sauce americano.

Entre los sauces híbridos 131/25 y 131/27 no hay diferencias significativas, pero si hay entre estos dos y el sauce americano a favor de este último.

No se pueden señalar diferencias entre cortes. Es necesario señalar aquí que aún cuando no haya diferencias entre cortes hay una interacción corte x clon significativa.

Esta interacción señaló que en sauce híbrido 131/25 el corte cuña determinó un aumento de la variable peso seco raíz.

Con respecto a líquido, se encontraron diferencias altamente significativas que se traducen de la siguiente manera: entre el testigo y el indol-butírico no hay diferencia en lo que respecta a peso seco de la raíz. pero en promedio ellos producen mayor cantidad de peso seco de raíz que la producida en las estacas sumergidas en sulfato de cobre.

ANALISIS DE LA VARIABLE NUMERO DE RAICES
CUADRO DE ANALISIS DE VARIANCIA
VARIABLE ANALIZADA: y = y número d_e raíces

Fuentes de Variación	0 de L	Suma cie Cuadrados Cuadrados Medios	F
Entre repeticiones	5	2.4317^	0,486351
Entre cortes	2	0,951608	0,475804
Entre líquidos	2	107.■'>25002	53.762501
Entre clones	4	79.950317	19.988579
Cortes x líquidos	4	4.361236	1.09030')
Cortes x clones	8	4.779313	0.597414
Líquidos x clones	8	5.415420	0,676937
Cortes x líquidos \ clones	16	4.666195	0.291637
Entre tratamientos	44	207.549092	4,719297
Error	220	86.166777	0.391667
Total	269	296.247624	

Significativo al 5 %.

Hay una interacción significativa, es la correspondiente a cortes x líquidos. Con el objeto de aclarar el significado de la interacción se reunieron las sumas de cuadrados correspondientes a líquidos y cortes x líquidos y se hicieron dos nuevas subdivisiones que se exponen a continuación:

Fuentes de Variación	G de L	T Cuadrados Medios	F
Entre líquidos (dentro del corte Recto)	2	27.303990	69,712255 **
Entre líquidos (dentro de Cuña)	2	13,328633	34,030523 **
Entre líquidos (dentro de Bisel)	2	15,310496	39,090594 ***
Total (líquidos + cortes X líquidos)	6		
Error	220	0,391667	0,391667

Fuentes de Variación	G de L	Cuadrados Medios	F
Entre cortes (dentro de testigo)	2	0,117035	0,149404
Entre cortes (dentro de indol-butírico)	2	0,399258	0,509669
Entre cortes (dentro de sulfato de cobre)	2	4,796552	6,123252 **
Total (cortes + cortes X líquidos)	6		
Error	220	0.391667	

** Significativo al 1 %.

Este cuadro, particularmente, aclara la interacción, ya que se encuentra que únicamente dentro de sulfato de cobre hay diferencias entre cortes.

Los totales por cortes para las estacas sumergidas en sulfato de cobre son:

Recto	Cuña	Bisel
164,3284	180,9378	175,9249

Por medio de la prueba de F se hicieron las comparaciones que se consideraron de interés de donde se concluye que las diferencias entre:

Recto vs.	Bisel	altamente	significativa
Cuña vs.	Bisel	altamente	significativa
Cuña vs.	Bisel y Recto.....	altamente	significativa

Efecto de los clones

$$F_4; 22 = 20,339368$$

Efecto de los líquidos

$$F_2; 12 = 36,434357$$

Efecto de los cortes

$$F_2; 11 = 0,340812 \text{ no significativa}$$

De estas pruebas se concluye que en lo que se refiere a:

Líquidos: las diferencias entre ellos son altamente significativas.

Cortes: no hay diferencias entre cortes.

Clones: la diferencia es altamente significativa.

A fin de aclarar las diferencias entre líquidos y clones se recurrió a las comparaciones ortogonales.

Hay diferencias entre clones. El sauce 131/25 presenta una diferencia significativa (1 %) con respecto al conjunto formado por los cuatro clones restantes, mientras que el sauce americano es a su vez significativamente diferente (1 %) de los 4 restantes. Es decir, podemos señalar al 131/25 como el que produce mayor número de raíces y al sauce americano como el que produce menor número. No hay, en el grupo considerado, dos clones que no presenten diferencias significativas, por lo tanto, todos son significativamente diferentes.

En lo que respecta a líquidos, a indol-butírico le corresponde una cantidad de raíces significativamente mayor que las producidas por los otros dos. Las estacas sumergidas en el líquido testigo presentan un número de raíces que si bien es estadísticamente menor que lo producido por indol-butírico es mayor que lo que se alcanza cuando se sumerge en sulfato de cobre. En consecuencia a este último líquido (sulfato de cobre) le corresponde un número de raíces significativamente menor que con los otros líquidos.

RESUMEN

Se estudia la acción del ácido indol-butírico (50 partes por millón), sulfato de cobre (N/100) y tres distintos cortes basales, en estacas de cinco cultivares de sauces e igual número de álamos, colocadas en frascos con agua en el interior de un invernáculo.

Durante noventa días, lapso en que se prolongó la experiencia, se realizaron observaciones con respecto al número, posición, longitud, fecha de aparición, localización de las raíces, peso seco de las mismas y total de estacas enraizadas.

Las estacas de sauces y álamos, colocadas en agua, desarrollaron en algunas lenticelas, masas blanquecinas de células que emergieron fuera de la misma.

Las estacas testigos de sauces enraizaron más rápidamente y con mayor facilidad que la de los álamos y desarrollaron raíces a todo lo largo de la parte sumergida en agua, mientras que en los álamos previamente se formó un callo basal, en la zona de corte, y luego allí se originaron las raíces.

El tratamiento de las estacas con ácido indol-butírico (50 partes por millón), tuvo marcada influencia en casi todos los cultivares de álamos ensayados, aumentando el porcentaje de estacas enraizadas, número y peso seco de las raíces. En las estacas de sauces los resultados no fueron tan evidentes, debido a la gran facilidad con que emiten raíces.

El sulfato de cobre en la dosis empleada (N/100), deterioró la base de las estacas, lo que se puso de manifiesto por el cambio de coloración de la parte afectada que no desarrolló, como consecuencia de ello, el callo basal en la zona del corte. Fue notorio asimismo el atraso inicial en la fecha de emisión de las raíces. Estas diferencias fueron desapareciendo paulatinamente hasta alcanzar y a veces superar a los testigos, en lo que se refiere al número de raíces.

La acción del sulfato de cobre sobre estacas de álamo Carolina (*Populus deltoides* subsp. *angulata* cv. *carolinensis*), fue muy interesante, ya que anuló la polaridad basal y favoreció el desarrollo de raíces a todo lo largo de la parte sumergida de la estaca.

El corte basal en forma de bisel originó en el callo un sistema radical unilateral, mientras que los cortes en cuña y recto determinaron la formación de un sistema radical más uniformemente distribuido.

Estacas de los clones de álamos utilizados en la experiencia, plantados en tierra en la misma fecha, no presentaron raíces únicamente en el callo basal, sino también a lo largo del tallo, lo que puede atribuirse a la carencia de luz, ya que cuando se cultivan las estacas en frascos con agua, en el interior de un invernáculo, se inhibe el desarrollo de las raíces laterales (ver Shapiro, 1957). Lo curioso es que las estacas de sauces colocadas en las mismas condiciones de ambiente, desarrollaron raíces laterales sin que la acción inhibidora de la luz mencionada por Shapiro, se pusiera de manifiesto.

SUMMARY

Action of indolbutilic acid (50 p.p.m.). copper sulphate (N/100) on three different basal cuts on five cultivars of willows and same number of poplars were studied under lab conditions in greenhouses.

During ninety days were observed date of apparition, number, position, length, localization and dry weight of the roots.

The control cuttings of willows rooted more easily and faster than poplars; the roots developed along the immersed part while in poplars only at the base after the callus formation.

The effect of indolbutilic acid was more visible on poplars, increasing the percentage of roots. On willows this result was not so evident, due to their facility of producing roots.

The copper sulphate deteriorated the base of the cuttings, produced a change of colour and prevented the formation of the callus. This initial delay in rooting does not affect the cuttings which overpass finally the controls in number of roots.

The copper sulphate annulates the basal polarity of *Populus deltoides* cv. *carolinensis* which produced roots on the whole length of the immersed portion of the cuttings.

Cuttings of poplars planted at the same date on the ground, not only produced roots on the basal callus but along the planted portion of the cuttings. This was explained elsewhere as an inhibitory action of light that prevented lateral roots in glass containers in the greenhouse.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Carlson, M. C. *The formation of nodal adventitious roots in Salix cordata*. "Amer. Journ. Bot." 25:721-725, 1938.

Carlson, M. C. *Nodal adventitious roots in willow stems of different ages*. "Amer. Journ. Bot." 37:555-561, 1950.

Dragone-Testi, G. *Azione del solfato di rame sul Salix alba*. "Nuovo G. Bot. Ital" (n. s.); 58(2):420-421, 1951.

Shapiro, S. *Auxin control of seasonal polarization of root emergence*. Plant Physiology Supplem. 32:XLII. Proceeding of the plant physiology meetings Stanford California, 1957.

Trecul, A. *Recherches sur l'origine des racines*. "Ann. Sci. Nat. Bot.", ser. 5:303-345, 1846.

Van der Lek, H. A. A. *Over de wortelvarming van houtige stekken Meded.* "Landbouwhoogsch-Wageningen". 28:1-230, 1924.

Vochting, H. *Über organbildung im Pflanzenreich* Teil 1 Bonn, 1878.

Went, F. YV. *Allgemeine betrachtungen über das auxin problem*. "Biol.Zentralbl". 56:449-463, 1936.